



PATOLOGÍA POR INSPECCIÓN VISUAL DEL PUENTE CALLE 116 CON  
AUTOPISTA NORTE EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ

**PRESENTADO POR:**  
JENNY PAOLA ARBELAEZ RODRÍGUEZ  
COD: 505962

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ D.C.  
2020



PATOLOGÍA POR INSPECCIÓN VISUAL DEL PUENTE CALLE 116 CON  
AUTOPISTA NORTE EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ

**PRESENTADO POR:**

JENNY PAOLA ARBELAEZ RODRÍGUEZ

COD: 505962

**DIRECTOR:**

CAMILO HIGUERA FLÓREZ

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ D.C.  
2020



## Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:  
**Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)**

Para leer el texto completo de la licencia, visita:  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

### Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra  
hacer obras derivadas


### Bajo las condiciones siguientes:



**Atribución** — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



**No Comercial** — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTA | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

**NOTA DE ACEPTACIÓN:**

---

---

---

---

---

---

---



---

**FIRMA DEL PRESIDENTE DEL JURADO**


---

**FIRMA JURADO**

---


**FIRMA JURADO**

**BOGOTA D.C.**

|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTA | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

## DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a mi familia y especialmente a mi madre, por todo el apoyo brindado y por confiar en cada uno de mis proyectos personales y profesionales, basado en principios, valores y enseñanzas inculcadas durante toda mi vida, que me ha llevado a cumplir cada una de mis metas propuestas.

|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTA | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|


## AGRADECIMIENTOS

Expreso mi mayor agradecimiento a la Universidad Católica de Colombia, por cada uno de los conocimientos adquiridos durante estos años, a través de su gran equipo docente de las diferentes áreas.

Al ingeniero Héctor Higuera quiero expresar mi gratitud por su paciencia, sus enseñanzas y su guía, para que el desarrollo y resultado de este proyecto se haya dado de una manera exitosa y finalmente a cada una de las personas que estuvieron en mi aprendizaje personal y académico.


## CONTENIDO

|                                      | <b>Pág.</b> |
|--------------------------------------|-------------|
| <b>RESUMEN.....</b>                  | <b>13</b>   |
| <b>INTRODUCCIÓN.....</b>             | <b>14</b>   |
| <b>1 GENERALIDADES.....</b>          | <b>15</b>   |
| 1.1 ANTECEDENTES .....               | 15          |
| 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ..... | 18          |
| 1.2.1 Descripción del problema ..... | 18          |
| 1.2.2 Formulación del problema ..... | 18          |
| 1.2.3 Sistematización .....          | 18          |
| 1.3 OBJETIVOS .....                  | 19          |
| 1.3.1 Objetivo general.....          | 19          |
| 1.3.2 Objetivos específicos.....     | 19          |
| 1.4 JUSTIFICACIÓN .....              | 19          |
| 1.5 DELIMITACIÓN .....               | 20          |
| 1.5.1 Espacio .....                  | 20          |
| 1.5.2 Tiempo .....                   | 20          |
| 1.5.3 Contenido.....                 | 20          |
| 1.5.4 Alcance .....                  | 20          |
| 1.6 MARCO REFERENCIAL.....           | 21          |
| 1.6.1 Marco teórico .....            | 21          |
| 1.6.2 Marco conceptual .....         | 30          |
| 1.6.3 Marco legal .....              | 31          |
| 1.7 METODOLOGÍA.....                 | 33          |
| 1.7.1 Tipo de estudio .....          | 33          |

|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTA | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|


|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>2</b> | <b>INSPECCION VISUAL DEL PUENTE.....</b>             | <b>35</b> |
| <b>3</b> | <b>REPARACION DE LAS PATOLOGIAS DEL PUENTE .....</b> | <b>41</b> |
| <b>4</b> | <b>ANALISIS DE RESULTADOS.....</b>                   | <b>48</b> |
| <b>5</b> | <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>          | <b>54</b> |
| 5.1      | CONCLUSIONES.....                                    | 54        |
| 5.2      | RECOMENDACIONES .....                                | 55        |
|          | <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>                             | <b>57</b> |
|          | <b>ANEXOS.....</b>                                   | <b>59</b> |




|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTA | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Ilustración 1. Deterioro puente Calle 116 con Autopista Norte .....         | 16 |
| Ilustración 2. Cierre bajo puente de la Calle 116 con Autopista Norte ..... | 16 |
| Ilustración 3. Accidente puente Calle 116 con Autopista Norte .....         | 17 |
| Ilustración 4. Elementos de un puente .....                                 | 22 |
| Ilustración 5. Fisuras por flexión .....                                    | 23 |
| Ilustración 6. Fisuras por cortante .....                                   | 24 |
| Ilustración 7. Fisuras por torsión .....                                    | 24 |
| Ilustración 8. Asentamientos .....  | 25 |
| Ilustración 9. Hormigueros .....  | 26 |
| Ilustración 10. Eflorescencias .....  | 28 |
| Ilustración 11. Carbonatación .....   | 28 |
| Ilustración 12. Corrosión .....   | 29 |
| Ilustración 13. Metodología .....   | 34 |
| Ilustración 14. Puente Calle 116 con Autopista norte .....                  | 35 |
| Ilustración 15. Contaminación biológica .....                               | 36 |
| Ilustración 16. Lixiviación .....   | 36 |
| Ilustración 17. Descascaramiento .....                                      | 37 |
| Ilustración 18. Corrosión .....   | 38 |
| Ilustración 19. Deterioro de pintura en barandas .....                      | 39 |


|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTA | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

|   |    |
|---|----|
| Ilustración 20. Corrosión en viga metálica .....                      | 39 |
| Ilustración 21. Cajas eléctricas no utilizadas .....                  | 40 |
| Ilustración 22. Técnica Sandblasting .....                            | 41 |
| Ilustración 23. Técnica puente de adherencia.....                     | 42 |
| Ilustración 24. Técnica de Hidrolavado.....                           | 44 |
| Ilustración 25. Deshierbador térmico .....                            | 45 |
| Ilustración 26. Forma de retirar pintura en elementos metálicos. .... | 46 |
| Ilustración 27. Aplicación de pintura en elementos metálicos. ....    | 46 |
| Ilustración 28. Resumen reparación de patologías. ....                | 47 |
| Ilustración 29. Porcentaje patologías evidenciadas .....              | 48 |
| Ilustración 30. Calificación cualitativa patologías evidenciadas..... | 49 |
| Ilustración 31. Porcentaje de daño según patología .....              | 50 |

|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTA | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|


## LISTA DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Niveles de importancia de acuerdo a la patología evidenciada. .... | 50 |
|---|----|

|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTA | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

## LISTA DE ANEXOS

|   |    |
|---|----|
| Anexo A. Formatos con registro fotográfico de las patologías del puente. .... | 59 |
| Anexo B. Plano general del puente.....  | 59 |
| Anexo C. Plano del puente con ubicación de patologías.....                    | 59 |
| Anexo D. Plano del puente con reparación de patologías.....                   | 59 |

|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTA | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

## RESUMEN

El presente documento corresponde al proyecto de grado investigativo que abarca la inspección visual del Puente de la Calle 116 con Autopista Norte con el fin de recopilar todas sus patologías existentes.


Teniendo en cuenta que los puentes y las estructuras en general pueden presentar patologías de acuerdo a los materiales con los que están construidas, agentes ambientales, agentes externos y otros factores que afecten su funcionamiento, el objetivo del documento es determinar las patologías presentes de acuerdo a lo mencionado.

Este proyecto se inicia con unos antecedentes que van limitando la finalidad del documento, seguido de un planteamiento del problema, el objetivo general con sus respectivos objetivos específicos y se desarrollan 3 capítulos con el fin de realizar los análisis, conclusiones y recomendación pertinentes.

El capítulo 2 consta de la inspección visual y registro fotográfico contenido en el anexo 1, que evidencia en primera medida las principales patologías existentes en el puente a simple vista, identificando sus posibles causas, efectos y soluciones.

El capítulo 3 se realiza con el fin de dar una solución de reparación ante las patologías evidenciadas en el puente para mejorar sus condiciones tanto visuales y funcionales que se puedan ver afectadas a largo plazo si no se tienen en cuenta dentro de un mantenimiento rutinario.

Finalmente, se realizan los análisis de resultados, conclusiones y recomendaciones de acuerdo al desarrollo del trabajo, adicional a esto se tienen anexos con los formatos de la inspección visual, planimetría del puente con ubicación de las patologías y sus respectivas reparaciones.

|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTA | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|


## INTRODUCCIÓN

Los puentes son una de las estructuras más importantes, ya que permite la conexión entre dos puntos en los cuales es difícil el tránsito. En Colombia el diseño de puentes se rige bajo la norma CCP-14 y esta a su vez se basa en la norma americana AASTHO.

Por otro lado, el Distrito de Desarrollo Urbano IDU se encarga de mejorar el desarrollo de la infraestructura para la movilidad y por tal motivo deben velar para que estas obras viales tengan unos mantenimientos óptimos de acuerdo a su estado a través del tiempo.

El presente proyecto se realiza con el fin de conocer el estado actual del puente ubicado en la Calle 116 con Autopista Norte en la ciudad de Bogotá, por medio de una inspección patológica visual que permita identificar a simple vista las patologías posee este puente de acuerdo a su uso, tiempo que lleva construido, factores externos, entre otros.

Cabe resaltar que este puente ha presentado una serie de inconvenientes por su altura libre, por lo que ha generado que en múltiples ocasiones vehículos que transitan bajo él, hayan colisionado generando daños considerables en su estructura, obligando a que se realicen reforzamientos para evitar su colapso.

|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

# 1 GENERALIDADES

## 1.1 ANTECEDENTES

A mediados del siglo XIX inicia la construcción de las primeras vías modernas de la ciudad de Bogotá, las cuales vendrían a ser complementadas en el siglo XX por la construcción de la autopista norte y los tres puentes que la cruzaban, el puente de la calle 100, 134, 170 los cuales fueron construidos al mismo tiempo en los años 50.


La autopista norte que arrancaba desde la Calle 80, disparó la urbanización de Bogotá hacia el Norte y en menos de 20 años pasó de ser autopista a una de las arterias principales más importantes de la ciudad.

Por el crecimiento exponencial que estaba presentando la ciudad, en 1961 se aprueba un plan piloto vial que contemplaba la construcción de la avenida 100, la 116 y la 127, que conectarían ese momento a la localidad de Usaquén con el occidente.

Años más adelante se construye el puente de la Calle 116, diseñado inicialmente para una autopista comprendida por dos carriles.

El aumento de población y el crecimiento urbanístico ha provocado que la autopista norte sobrepase su capacidad, lo que ha conllevado a que se generen estrategias por parte del distrito para suplir la necesidad de la población de un desplazamiento óptimo a los municipios aledaños.

Actualmente la autopista norte con calle 116 posee un trazado de vía con cuatro carriles, lo que genera que el galibo máximo en los costados del puente se redujera provocando que algunos vehículos que transitan bajo él choquen con la estructura generando su eminente deterioro, a parte del ya generado por su tiempo de uso y por las patologías que posiblemente presenta por los materiales con los que está construido.

|  |  |  |
|--|--|--|
|  <p><b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br/>de Colombia</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA<br/>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO</p> | <p>PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br/>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br/>EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ</p> | <p><b>FECHA: 2020</b><br/><b>VERSIÓN 0</b></p> |
|--|--|--|

*Ilustración 1. Deterioro puente Calle 116 con Autopista Norte*




*Fuente. El espectador. 2013*

*Ilustración 2. Cierre bajo puente de la Calle 116 con Autopista Norte*



*Fuente. Caracol Radio. 2015*




|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

*Ilustración 3. Accidente puente Calle 116 con Autopista Norte*



*Fuente. Caracol Radio. 2017*

El Instituto de Desarrollo Urbano IDU no solo tiene la tarea de mantener el puente en cuanto a patologías que pueda presentar, si no adicional a esto velar por incidentes que no estaban previstos al diseñarlo, era una época donde las vías eran construidas pensando solo en el transporte de los capitalinos y no en conectar con municipios en evidente crecimiento.

|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTA | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 Descripción del problema**

Este proyecto se plantea de acuerdo a una serie de interrogantes sobre el estado actual de algunas estructuras que no han sido construidas con las normas actuales, además como se ven afectadas a través del tiempo por agentes externos propios o ajenos a su uso.

Los puentes son estructuras que deben soportar gran cantidad de carga y deben estar sujetos a mantenimientos preventivos o correctivos para evitar su deterioro o posible colapso. De manera periódica los puentes deben ser evaluados para identificar patologías existentes y como pueden afectar la estructura.


### **1.2.2 Formulación del problema**

Las patologías en las estructuras se pueden presentar por factores físicos, químicos o mecánicos pero adicional a esto el puente de la Calle 116 con Autopista Norte ha presentado a lo largo del tiempo una serie de colisiones por parte de vehículos que transitan bajo él, que ha obligado a realizar reforzamientos de emergencia por parte del distrito para salvar la estructura y evitar alguna falla por los daños ocasionados que pueda terminar en pérdidas humanas.

De acuerdo a lo anterior se plantea la siguiente pregunta: Teniendo en cuenta la inspección visual como medio no invasivo para determinar posibles problemas en la estructura ¿Cuáles son las patologías existentes en el puente de la Calle 116 con Autopista Norte?

### **1.2.3 Sistematización**

Utilizando la recolección de datos, conocimientos adquiridos, documentos guías y fotografías tomadas, se evaluará de manera cuantitativa y cualitativa las patologías existentes en el puente, registrando en formatos toda la información relevante de lo obtenido, que permita dar las conclusiones y recomendaciones pertinentes según lo evidenciado.

|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTA | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

### 1.3 OBJETIVOS

#### 1.3.1 *Objetivo general.*

Determinar por medio de inspección visual las patologías presentes en el puente Calle 116 con Autopista Norte.

#### 1.3.2 *Objetivos específicos.*

Se plantean los siguientes objetivos específicos:


- Investigar tipos de patologías en estructuras y buscar similitud con las que presente el puente.
- Hacer análisis de las patologías encontradas, teniendo en cuenta la metodología SIPUCOL creada por INVIAS.
- Realizar planimetría del puente y registro fotográfico donde se evidencie su estado.

### 1.4 JUSTIFICACIÓN

Es de suma importancia conocer las patologías en el concreto ya que muchas de estas han generado fallas y deterioro considerable en las estructuras, por tal motivo a lo largo del tiempo se ha buscado investigar sobre este tema para encontrar soluciones a las patologías que se pueden presentar por múltiples factores.

El puente ubicado en la Calle 116 con Autopista Norte es una obra de ingeniería importante para la ciudad y por tal motivo el presente trabajo busca saber sobre el estado en el que se encuentra actualmente y conociendo un poco sobre las patologías del concreto asociarlas a las que posiblemente presente este puente, sin desconocer que en varias ocasiones se ha realizado rehabilitación estructural por los choques de vehículos que se han presentado en la estructura, ya que estos sobrepasan el galibo máximo del puente.

Finalmente, este proyecto dejara conocimientos importantes para la vida profesional como Ingeniero Civil, identificando aspectos significativos en uno de los materiales más usados como lo es el concreto para la construcción de puentes vehiculares y como la inspección visual es uno de los primeros pasos que permite

|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

tomar decisiones sobre mantenimientos, rehabilitaciones o demoliciones que requieran las estructuras de acuerdo a lo observado.

## **1.5 DELIMITACIÓN**

### **1.5.1 Espacio**

El puente objeto de estudio se encuentra ubicado en la ciudad de Bogotá, en la Calle 116 con Autopista Norte cerca a la estación de Transmilenio Pepe Sierra.

### **1.5.2 Tiempo**

El presente proyecto está previsto para ser trabajado en el segundo semestre del año 2020, comprende búsqueda de la información, inspección en campo, análisis de la información, resultados y conclusiones.

Teniendo en cuenta la emergencia sanitaria que vive el país actualmente puede retrasar un poco los tiempos de las actividades en cuanto al desplazamiento al puente, entre otros aspectos como el transporte, el tráfico y el clima.


### **1.5.3 Contenido**

El proyecto de limita a una inspección visual de patologías presentes en la estructura tomando como base la metodología SIPUCOL, registrando en formatos con fotografías tomadas en campo y unos análisis, conclusiones y recomendaciones de lo evidenciado y presentación de planos del puente.

Sin embargo, no se realiza análisis de vulnerabilidad sísmica ni ensayo de materiales, este último principalmente por las condiciones actuales que vive el país en cuanto a la emergencia sanitaria.

### **1.5.4 Alcance**

Para el proyecto se plantea una inspección visual del puente de la Calle 116 con Autopista Norte para conocer su estado en cuanto a patologías, con un registro fotográfico realizado en campo con su descripción, generando de acuerdo a lo hallado conclusiones y recomendaciones y las reparaciones pertinentes a cada patología, adicional a eso presentar planos del puente, usando software de diseño (AUTOCAD).

|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTA | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

## 1.6 MARCO REFERENCIAL

A continuación se muestra el marco teórico, conceptual y normativo que se trabajara para el presente proyecto:

### 1.6.1 *Marco teórico*

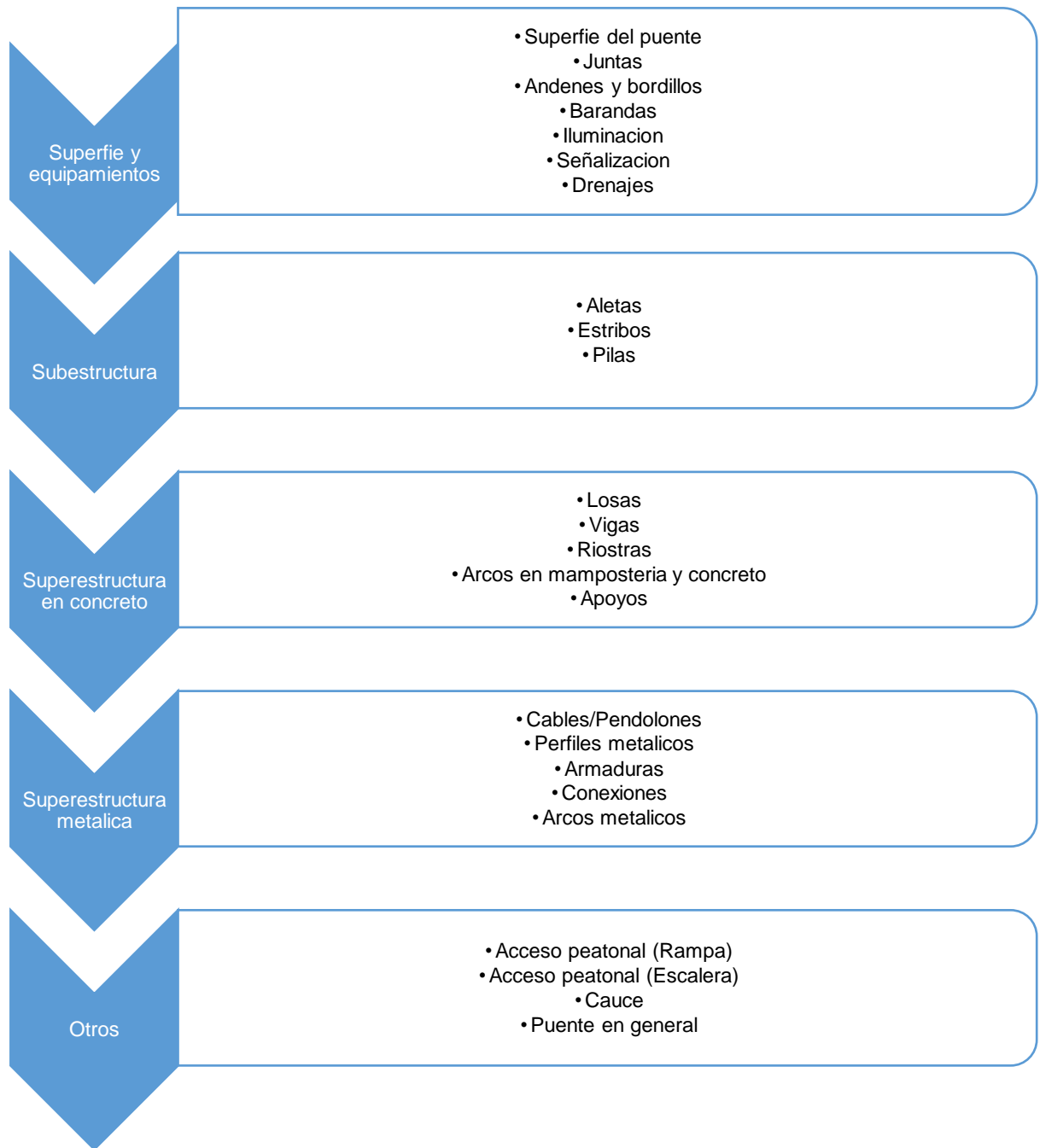
La patología estructural estudia los problemas constructivos que aparecen después de su ejecución y sus soluciones. Esto contempla todas la imperfecciones, visibles o no. Además, estudia el comportamiento de las estructuras cuando presentan evidencias de fallas o comportamientos defectuosos, investigando sus causas y planteando medidas correctivas para recuperar las condiciones de seguridad.

Las consecuencias más visibles en estructuras de concreto debido a patologías es la presencia de grietas y fisuras que hacen que factores externos penetren y aceleren el deterioro de la estructura. Por tal motivo, es de suma importante detectar la patología lo más pronto para implementar los correctivos necesarios.


Para hacer una inspección de una estructura de concreto, en el caso particular de este proyecto en un puente debe tener en cuenta lo siguiente:

La inspección y evaluación de las estructuras se debe realizar para cada uno de los elementos y debe contener los siguientes componentes:

*Ilustración 4. Elementos de un puente*



*Fuente. Propia*

|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

Por otra parte algunas de las patologías se pueden presentar en cualquier etapa del proceso constructivo y se pueden clasificar en:

### 1.6.1.1 DAÑOS POR DISEÑO

Este tipo de daños están relacionados con la concepción y diseño del proyecto. Entre las fallas más comunes en esta etapa se tienen las siguientes causas:

- Ausencia de cálculos.
- Estimación inadecuada de cargas y condiciones de servicio.
- No considerar juntas de construcción.
- Mal dimensionamiento de los elementos estructurales.
- Falta de especificaciones y descripción de los materiales.
- Falta de detalles constructivos y estructurales.
- Mala disposición de acero de refuerzo.

En esta etapa las manifestaciones patológicas más comunes son:

### Fisuras

Son el resultado de los esfuerzos que actúan sobre los elementos estructurales. Normalmente cualquier elemento de concreto es propenso a que sufra fisuraciones bajo las cargas normales de servicio pero cuando el ancho de las fisuras ya es grande se considera una patología que puede afectar el funcionamiento de la estructura.


- ***Fisuras por flexión***

Las fisuras por flexión en una viga y en una losa se presentan generalmente en la cara inferior, se localizan en zona central de la luz; al principio crecen verticalmente y luego se inclinan bajo la influencia del esfuerzo cortante cuando se aproxima a los apoyos.

*Ilustración 5. Fisuras por flexión*



*Fuente. ResearchGate.net*

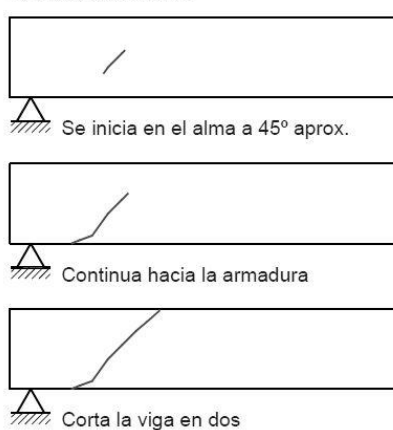
|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

- **Fisuras por cortante**

Las fisuras por cortante en vigas y losas forman fisuras oblicuas generalmente formando un ángulo de  $45^\circ$  con la dirección del acero principal, presentan un ancho variable. Por lo general se generan cerca a los apoyos aunque también se pueden estar en el centro de la luz.

*Ilustración 6. Fisuras por cortante*

Evolución de UNA fisura de  
esfuerzo cortante

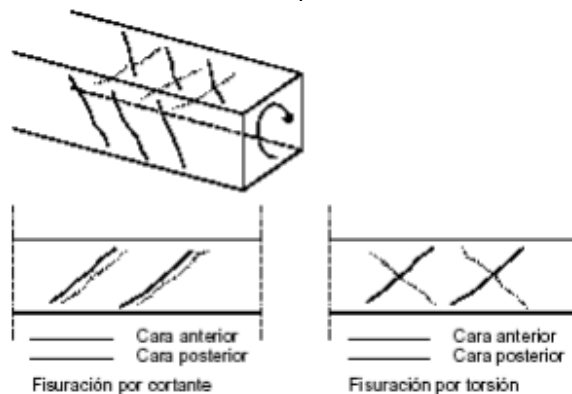


Fuente. Patología en estructuras porticadas

- **Fisuras por torsión**


Son fisuras transversales e inclinadas similares a las de cortante con la diferencia que siguen un patrón en espiral que atraviesan toda la sección de los elementos.

*Ilustración 7. Fisuras por torsión*



Fuente. <http://www.biblioteca.udep.edu.pe/>



|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

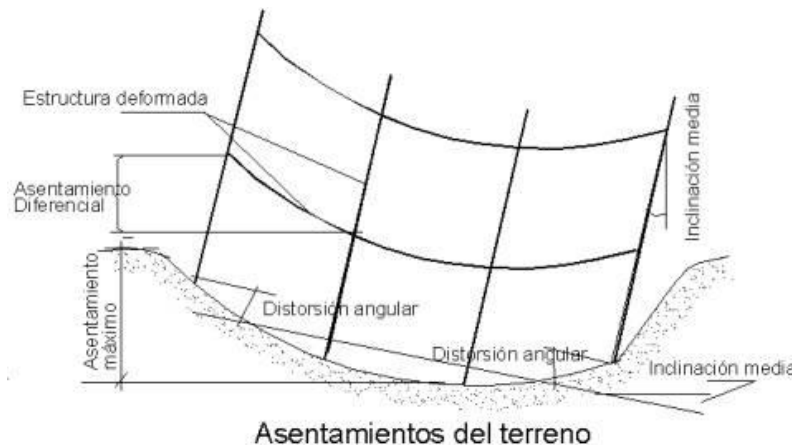
## Aplastamiento local

Las fracturas y grietas que se presentan por aplastamiento se presentan por alta concentración de cargas en zonas de apoyo de elementos simplemente apoyados. Los daños producidos por aplastamiento tienden a fracturar el elemento que está directamente debajo de la carga.

## Asentamientos

Son movimientos verticales diferenciales que se presenta cuando la estructura no tiene un diseño apropiado de cimentación.

*Ilustración 8. Asentamientos*




*Fuente: <http://www.um.edu.ar/>*

## Volcamiento

Se presenta directamente en la estructura por el dimensionamiento de los elementos, por diseños inadecuados o insuficientes o como resultado de eventos como sismos.

## Vibración excesiva

Es el movimiento que se percibe en la estructura debido a sobrecargas, fuerzas no consideradas en el diseño, falta de rigidez y/o diseños deficientes. La vibración excesiva se puede evidenciar desde micro fisuras o fisuras hasta el colapso de la estructura.

|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTA | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

### 1.6.1.2 DAÑOS POR CONSTRUCCIÓN

Estos daños pueden originarse por materiales de mala calidad, problemas en la dosificación, transporte, producción, colocación y curado. Entre las fallas más comunes en esta etapa se tienen las siguientes causas:

- Mala interpretación de planos.
- Equivocada localización del refuerzo.
- Deformación en la formaleta.
- Descimbrado inadecuado.
- Empleo de concretos con dosificación inadecuada.
- Carga prematura de la estructura.
- Falta de control en la calidad de los materiales.

En esta etapa las manifestaciones patológicas más comunes son:


#### **Hormigueros**

Presencia de huecos en la superficie que quedan en el concreto endurecido. Los hormigueros se producen por falta de vibrado, compactación excesiva o deficiente, dosificación inadecuada, entre otras.

*Ilustración 9. Hormigueros*



*Fuente. <https://scielo.conicyt.cl/>*

|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

## **Segregación**

Distribución inadecuada de los componentes de la mezcla, ocasionada entre otras cosas por una mala dosificación, falta o exceso de vibrado, exceso de agregados gruesos o finos.

## **Figuración por retracción**

La figuración por retracción plástica ocurre cuando el concreto está en estado fresco, generalmente en superficies horizontales. Se manifiesta mediante fisuras que surgen durante las primeras horas después de la fundida, producto de la pérdida de agua por evaporación y el proceso de endurecimiento del concreto.

## **Recubriendo inadecuado y exposición del acero de refuerzo**

Las barras de refuerzo debe tener un recubrimiento adecuado de acuerdo al ambiente en el que estarán y cumpliendo con las especificaciones del Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes. El acero de refuerzo expuesto puede traer problemas con la capacidad portante de la estructura y con durabilidad.


### **1.6.1.3 DAÑOS DURANTE EL FUNCIONAMIENTO**

Aparecen durante vida útil de la estructura por diferentes acciones ya sean físicas, químicas, mecánicas o biológicas. Durante el funcionamiento se pueden presentar fallas por el incremento de las cargas permitidas, por impactos accidentales, inundaciones, incendios, etc., falta de mantenimiento, reparación o rehabilitación de la estructura.

En esta etapa las manifestaciones patológicas más comunes son:

#### **Infiltraciones y eflorescencias**

Consiste en el depósito de sales fuera del concreto, que provoca que se cristalice luego de la evaporación del agua. Las eflorescencias no generan una disminución en la durabilidad de la estructura pero si dan un mal aspecto visual.

|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

*Ilustración 10. Eflorescencias*

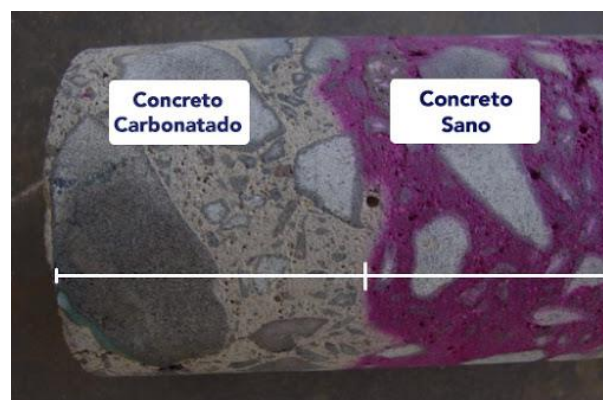


*Fuente. <https://www.albaniles.org/>*


## Carbonatación

Es la reacción entre el dióxido de carbono del aire atmosférico o del suelo con los componentes alcalinos del concreto. La carbonatación es un proceso que lentamente puede llegar al interior del concreto facilitando el proceso de corrosión del acero de refuerzo provocando deterioro de la estructura. La forma más fácil de detectar la carbonatación es extraer un núcleo de concreto y mediante una solución de fenolftaleína rociada en el concreto se evidenciará que las zonas de concreto que presentan carbonatación no cambiarán de color mientras que las áreas sin carbonatación adquirirán un color violeta.

*Ilustración 11. Carbonatación*



*Fuente. <http://blog.abinco.com.mx/>*

|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

## Corrosión de la armadura

Es un proceso electroquímico que produce oxidación del acero de refuerzo en el concreto. Se presenta por desprendimiento del recubrimiento dejando expuesto el refuerzo.

*Ilustración 12. Corrosión*



*Fuente. Argos 360 en concreto*


## Contaminación del concreto

La presencia de microorganismos además de afectar la estética puede crear fallas de origen físico o químico y generar un deterioro. La acción de organismos biológicos provoca permeabilidad en el concreto, conduce a la saturación del material.

Los microorganismos tales como hongos o bacterias pueden afectar tanto la superficie como el interior de la estructura.

## Fallas por impacto

El impacto de cualquier elemento externo en la estructura puede generar grandes afectaciones de acuerdo a la velocidad y tamaño que impacta la estructura. Dependiendo de la magnitud del golpe se pueden provocar daños leves como fisuras hasta colapso de la estructura.

|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

### 1.6.2 Marco conceptual

Para el presente proyecto se debe tener claridad sobre algunos conceptos como:

- **Concreto:** El concreto es una mezcla de cemento, grava, arena, aditivos y agua. Maleable en su forma más líquida y de gran resistencia en su estado sólido.<sup>1</sup>
- **Acero:** El acero es una aleación de hierro con una cantidad de carbono que puede variar entre 0.03% y 1.075% en peso de sus composición, dependiendo del grado.<sup>2</sup>
- **Concreto reforzado:** El concreto reforzado es una combinación de concreto y acero en la que el refuerzo de acero proporciona la resistencia a la tensión de que carece el concreto.<sup>3</sup>
- **Resistencia del concreto:** Es la capacidad de un concreto de soportar esfuerzos sin romperse y depende de las propiedades mecánicas de los materiales que lo constituyen.<sup>4</sup>
- **Estructura:** Conjunto de elementos, unidos, ensamblados o conectados entre sí, que tienen la función de recibir cargas, soportar esfuerzos y transmitir esas cargas al suelo, garantizando así la función estático – resistente de la construcción.<sup>5</sup>
- **Puente:** Se utiliza el término puente para designar a aquellas construcciones que sirven para conectar diferentes espacios a los que de

---


<sup>1</sup> (Argos. (2020). *Concreto*. Obtenido de: <https://argos.co/productos/concreto>)

<sup>2</sup> (Alacero. (2020). *Acero*. Obtenido de: <https://www.alacero.org/>)

<sup>3</sup> (Mc Cormac, J., & Brown, R. (2011). *Diseño de Concreto Reforzado*)

<sup>4</sup> (Argos 360. (2020). *Resistencia del concreto*. Obtenido de: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/resistencia-mecanica-del-concreto-y-compresion>)

<sup>5</sup> (EcuRed. (2020). *Estructura*. Obtenido de: [https://www.ecured.cu/EcuRed:Enciclopedia\\_cubana](https://www.ecured.cu/EcuRed:Enciclopedia_cubana))

|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

otra manera no se podría acceder.

El objetivo principal de un puente ha sido sortear un tipo de elemento geográfico que dificultara el tránsito por hallarse un curso de agua, un valle o un precipicio. Así, el puente se construye para conectar los puntos más extremos de ambos lados.<sup>6</sup>

- **Patología estructural:** Es la ciencia que estudia los problemas constructivos que aparecen después de su ejecución y sus soluciones. Esto contempla todas las imperfecciones, visibles o no. Además, estudia el comportamiento de las estructuras cuando presentan evidencias de fallas o comportamientos defectuosos, investigando sus causas y planteando medidas correctivas para recuperar las condiciones de seguridad.<sup>7</sup>
- **Rehabilitación estructural:** En el reforzamiento de estructuras existentes se requiere mejorar las condiciones de resistencia y rigidez para las solicitaciones de diseño. Esta intervención es la más utilizada en las reparaciones de estructuras existentes con daños por algún evento o deterioro por el uso prolongado de la estructura.
- **Rigidez:** Es la propiedad que tiene un elemento estructural para oponerse a las deformaciones, es decir la capacidad de soportar cargas sin deformarse o desplazarse excesivamente. La rigidez de las estructuras está en función del módulo de elasticidad del concreto, el momento de inercia y la longitud del elemento.<sup>8</sup>

### 1.6.3 Marco legal


Para construcción y mantenimiento de puentes en Colombia se deben tener en cuenta algunas normas y manuales como son:

---

<sup>6</sup> (DefinicionABC. 2020). *Puente*. Obtenido de: <https://www.definicionabc.com/>)

<sup>7</sup> (All Ing. (2019). *Patología estructural*. Obtenido de: <http://alling.com.co/>)

<sup>8</sup> (Argos360. (2020). *Rigidez*. Obtenido de: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/categoria/calidad-y-aspectos-tecnicos/rigidez-de-las-estructuras-y-resistencia-del-concreto>)

|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

### **1.6.3.1 NORMA COLOMBIANA DE PUENTES LRFD – CCP – 2014**

Esta norma reemplazo el Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes 1996. Esta nueva norma provee requisitos mínimos para lograr un diseño seguro y funcional de puentes y demás estructuras viales considerando los efectos de mayores cargas y sismos, además de la actualización de mapas colombianos de amenaza sísmica y calibración de carga viva vehicular.

La norma CCP-14 emplea el método de diseño LRFD, con factores de mayoración de carga y reducción de resistencia que se basan en estadísticas y desempeños estructurales y el diseño sísmico debe estar de acuerdo a esta norma o con las especificaciones de la AASTHO Guide Specifications for LRFD Seismic Bridge Design.

### **1.6.3.2 NORMA AASTHO**

Esta norma es muy utilizada en el continente americano, inicialmente conocida como AASHO (American Association of State Highway Officials), cuya primera norma “Standard Specifications for Highway bridges and Incidental Structures”, la cual fue muy importante fue publicada en 1931. Posteriormente se denominó AASTHO “Standard Specifications for Highway Bridges”.


Finalmente en 1994 AASTHO publica su primera edición basada en la filosofía LRFD “AASHTO LRFD Bridge Design Specifications” teniendo una actualización en el año 2014.

La especificación “Standard Specifications for Highway Bridges” fue utilizada en Colombia hasta el año 1994 ya que la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS debía realizar un documento nacional basándose en la norma americana para la reglamentación del diseño de puentes en el país, creándose así el Código de Diseño Sísmico de Puentes CCP-95. En el año 2013, la AIS junto con INVIAS actualizaron la norma creando la CCP-14

### **1.6.3.3 SIPUCOL**

INVIAS creo SIPUCOL (Sistema de Administración de Puentes Colombianos) con el fin de que se realicen inspecciones periódicas a los puentes bien sea visuales, de comportamiento o vulnerabilidad sísmica para verificar el estado de los elementos que lo conforman.



|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTA | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

SIPUCOL maneja una serie de formatos que evidencian lo encontrado durante la inspección y los respectivos correctivos que se llevaran a cabo. Estos formatos quedan bajo custodia de INVIAS quienes darán las soluciones pertinentes.

## 1.7 METODOLOGÍA

Para desarrollar el presente proyecto se tendrá en cuenta la siguiente metodología:

### 1.7.1 Tipo de estudio

#### ***Búsqueda de información***

Se investigara sobre los tipos de patologías que se pueden presentar en una estructura.

#### ***Inspección en campo***

Se realizara registro fotográfico e inspección en campo del estado de la estructura del puente, las patologías existentes y detallado de los reforzamientos realizados.

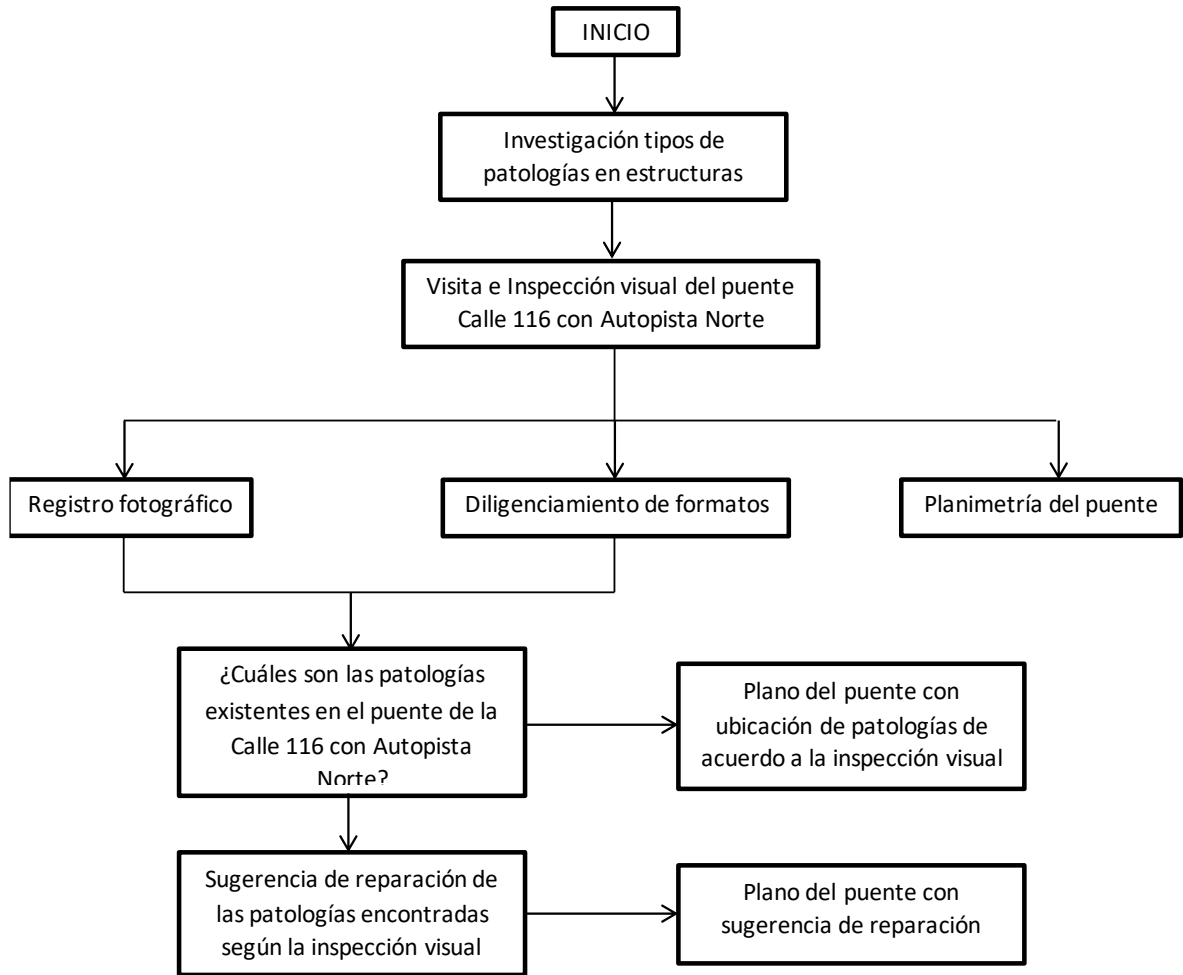
#### ***Análisis de la información***

De acuerdo a los tipos de patologías asociarlo a las que puedan estar presentes en el puente objeto de estudio de este proyecto e identificado su afectación a largo plazo en la estructura y en su uso.


#### ***Análisis de resultados y conclusiones***

Se analizaran todos los resultados de acuerdo a lo obtenido en lo descrito previamente.

*Ilustración 13. Metodología*



*Fuente. Propia*

|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

## 2 INSPECCION VISUAL DEL PUENTE

El puente de la Calle 116 con Autopista Norte tiene las siguientes características:

- **Nombre del puente:** Calle 116 con Autopista Norte
- **Fecha de construcción:** 1984
- **Tipo de estructura:** Infraestructura tipo pórtico, No monolítico e Isostático en Superestructura con Viga Tipo T.
- **No de luces:** 12
- **No de apoyos:** 13 (Incluye estribos)
- **Área de la Superestructura:** 3240.48 m<sup>2</sup>
- **Longitud del puente:** 188.4 m<sup>9</sup>

*Ilustración 14. Puente Calle 116 con Autopista norte*



*Fuente. Propia*

En el Anexo A se tiene el registro fotográfico de las patologías evidenciadas en el puente de la Calle 116 con Autopista Norte ubicado en la ciudad de Bogotá.

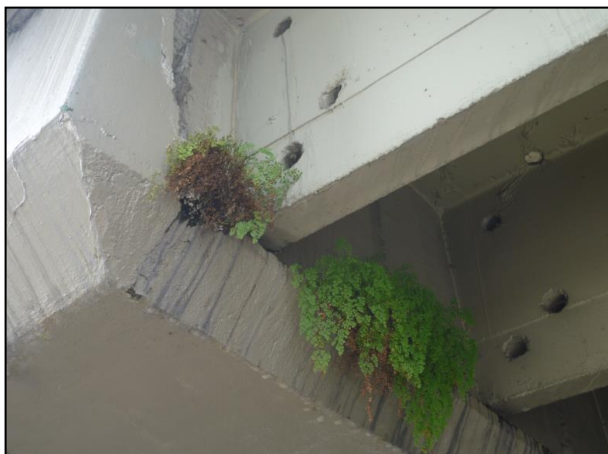
---

<sup>9</sup> (Sistema de Administración de puentes del IDU, 2003)



- **Contaminación biológica**

*Ilustración 15. Contaminación biológica*



*Fuente. Propia*

El impacto ambiental que se puede generar sobre las estructuras es algo inevitable ya que siempre van estar sujetas bien sea a cambios de temperatura, lluvias, humedad, entre otros que puede desencadenar en una contaminación biológica en la superficie de la estructura apreciable a simple vista.


Si bien la contaminación biológica no es una patología grave si es la más presente en los elementos del puente objeto de estudio, sobre todo en las vigas cabezal, generada por infiltración proveniente de la superficie que evidencia la falta de mantenimiento rutinario por el crecimiento excesivo de la materia orgánica.

- **Lixiviación**

*Ilustración 16. Lixiviación*



*Fuente. Propia*

|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

Al igual que la contaminación biológica, la lixiviación no es una patología grave si se lleva a cabo unos mantenimientos periódicos o rutinarios que eviten este fenómeno, ya que no es posible controlar aspectos de la naturaleza que pueden formar esta patología, si se puede evitar con limpieza profunda en la superficie del puente, todo esto con el fin de evitar que se convierta en algo de mayor peso a la hora de una afectación en la estructura por cambios físicos y químicos en el concreto que se puede presentar a largo plazo.

- **Descascaramiento**


*Ilustración 17. Descascaramiento*



*Fuente. Propia*

El descascaramiento del concreto se evidencia muy claramente en las vigas que han sido golpeadas por vehículos, ya que en el lado oriental y occidental del puente no se cumple con el galibo mínimo que exige la norma y ha desencadenado que es una parte occidental el acero de refuerzo este expuesto y doblado formando corrosión y en la parte oriental el daño fuera tan grave necesitando ser reforzado con una viga metálica.

Este tipo de patología por sí sola es un riesgo medio y el problema básicamente radica en dejar expuesto el refuerzo, cambiando las propiedades de acero y el comportamiento de la estructura a largo plazo lo cual sería una consecuencia muy grave.

|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

- **Corrosión**

*Ilustración 18. Corrosión*



*Fuente. Propia*

La corrosión ha sido producida por el descascaramiento del concreto que protege el acero, provocando que quede expuesto a agentes ambientales. La viga metálica colocada como refuerzo por la gravedad de las colisiones, está expuesta al ambiente presentando oxido que es la etapa inicial de la corrosión ya que no posee una capa protectora.

La corrosión es una de las patologías más graves porque cambia las propiedades y la resistencia del acero, haciendo que la estructura falle y sea posiblemente difícil su recuperación.

- **Otras**

Entre lo evidenciado se tiene en cuenta el deterioro de la pintura en las barandas del puente, esto no afecta estructuralmente pero si es una parte estética importante que refleja la falta de mantenimiento. También se tiene en cuenta el aspecto de las vigas metálicas de refuerzo, que no posee capa protectora y puede acelerar su deterioro y que si afectaría estructuralmente a largo plazo. Otra parte que afecta a nivel estético es las cajas de cableado que ya no se están utilizando y dan un aspecto descuidado al puente.

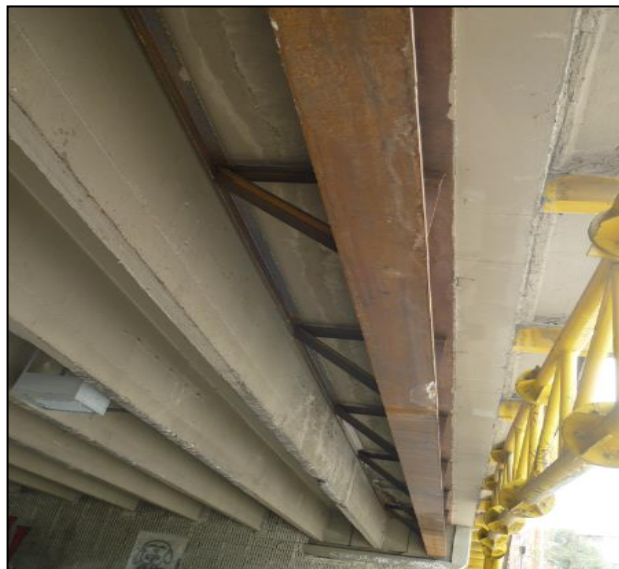


*Ilustración 19. Deterioro de pintura en barandas*




*Fuente. Propia*

*Ilustración 20. Corrosión en viga metálica*



*Fuente. Propia*




|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTA | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

*Ilustración 21. Cajas eléctricas no utilizadas*



*Fuente. Propia*



|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

### 3 REPARACION DE LAS PATOLOGIAS DEL PUENTE

La estructura de un puente y que se encuentre en óptimas condiciones es fundamental por la importancia que trae a nivel organizacional de una ciudad.

El puente de la Calle 116 con Autopista Norte de acuerdo a la inspección visual realizada y observando sus condiciones actuales, requiere una serie de mantenimientos y reparaciones que se pretenden plantear a continuación:


**Corrosión:** Para la corrosión del acero expuesto y el óxido presente en la viga metálica de reforzamiento sería necesario realizar lo siguiente:

Una técnica utilizada para esto es el chorro de arena o sandblasting, la cual manejando los equipos y el material correcto generará un buen resultado a largo plazo en el refuerzo de la estructura. Teniendo en cuenta que todas las estructuras de acero no tienen la misma aleación de hierro, es necesario saber con certeza su composición para utilizar la técnica adecuada y la cantidad necesaria sandblasting para no cambiar las propiedades, afectar su resistencia y funcionalidad. Finalmente cabe destacar que esta técnica debe ser realizada por personas calificadas para obtener resultados óptimos.

*Ilustración 22. Técnica Sandblasting*



Fuente. <https://getesan.com/eliminar-oxido-pintura-chorro-arena/>

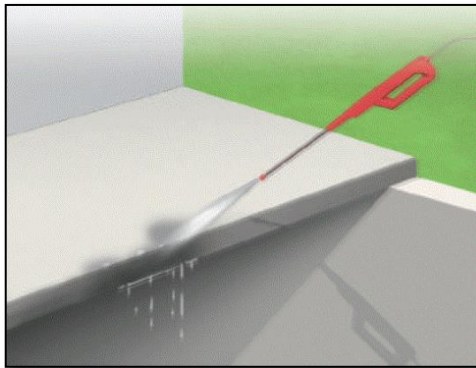
|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

**Descascaramiento:** Para esta patología que está presente en su gran mayoría en las vigas por el impacto del tráfico sería necesario realizar lo siguiente:

- Realizar un picado en la zona que este con elementos sueltos y en mal estado.
- Realizar limpieza de la corrosión presente en el acero de refuerzo.
- Utilizar algún tipo de anticorrosivo en el acero de refuerzo para mejorar las condiciones del mismo.
- Utilizar un puente de adherencia entre el concreto existente y el nuevo para un mejor agarre y resistencia.
- Finalmente, para obtener un mejor resultado utilizar una capa protectora que provee que se vea afectado bruscamente por agentes climáticos.

A continuación se presenta la aplicación de puente de adherencia en una losa, que es el mismo proceso que se puede llevar a cabo en las vigas que presentan la patología de descascaramiento en el puente:

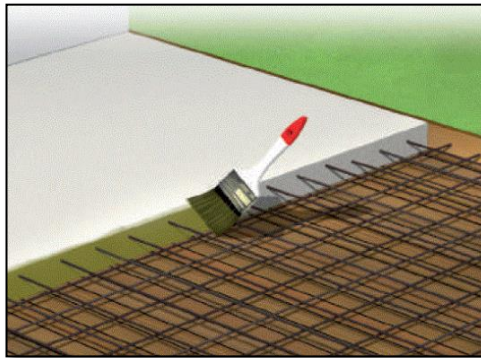
*Ilustración 23. Técnica puente de adherencia.<sup>10</sup>*



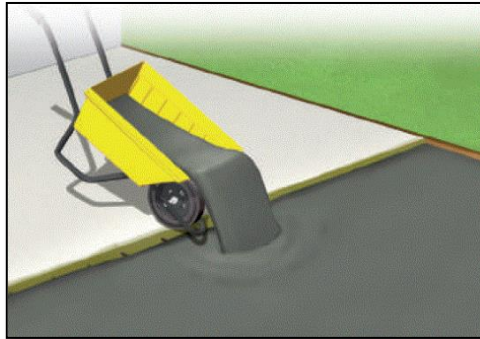
Limpieza de la superficie

---

<sup>10</sup> Sikaguia (2020)



Aplicación del puente de adherencia




Aplicación del concreto nuevo

**Lixiviación:** Esta patología presente en las vigas externas se produjo por desgaste en las juntas del andén en la parte superior del puente, por tal motivo es necesario reparar primero esta condición para entrar de lleno a la reparación de la lixiviación.

Para la reparación de las juntas del andén es necesario lo siguiente:

- Preparar la superficie realizando un picado en la zona.
- Retirar el acero por desgaste y reemplazarlo realizando un reforzamiento para dar continuidad al elemento.
- Realizar un puente de adherencia con un material epóxico que permita el sellado entre el concreto fresco y endurecido.

Todo lo anterior debe estar sujeto a la norma, especificaciones de los materiales y comportamiento de la estructura, además debe ser realizado por personal calificado.

|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

Para realizar el puente de adherencia necesario en las juntas tener en cuenta lo descrito en la **Ilustración 23**.

Finalmente llevando a cabo la reparación de las juntas, se procede a realizar la reparación de la lixiviación para evitar que siga en aumento los cambios producidos por esta patología en el concreto afectando la funcionalidad de la estructura, para ello se sugiere realizar una limpieza con hidrolavado para quitar la particularidad de las lixiviación como son las manchas en el concreto para posteriormente aplicar una capa protectora de exteriores que alargue la vida de la estructura y no se vea afectada por agentes climáticos y aprovechando los equipos y materiales en sitio se puede retirar la suciedad presente en las vigas cabecial del puente para dar un mejor aspecto a nivel visual.


*Ilustración 24. Técnica de Hidrolavado*



*Fuente. <https://www.youtube.com/watch?v=ulV4-eF3OT4>*

**Contaminación biológica:** Esta patología es la más presente en la mayoría de los elementos del puente, por tal motivo para evitar que siga en aumento es necesario realizar una limpieza profunda con algún tipo de herbicida o algún deshierbador que permita llegar a cualquier elemento del puente.

En este momento, este tipo de patología evidencia un mantenimiento rutinario inadecuado o inexistente del puente estudiado y por tal motivo es importante que se lleven a cabo de manera periódica, con el fin de no llegar a un grado de afectación tal grande como se evidencia en la inspección visual.

|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGÍA POR INSPECCIÓN VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

A continuación se presenta un deshiebador térmico, que sería una opción muy útil para evitar la utilización de herbicidas que presentan gran cantidad de químicos. Este proceso de limpieza y la elección de los elementos a utilizar dependen de quien se vaya a encargar del mantenimiento:


*Ilustración 25. Deshiebador térmico*



*Fuente. <https://hozelock.es/nuestros-productos/deshierbo-electrico-es/deshiebador-termico-green-power/>*

**Otras:** En este punto encontramos un deterioro en la pintura de las barandas del puente, si bien no es una patología si afecta estéticamente y al no tener una protección se puede ver afectado el material con el que están construidas como ya se está evidenciando en algunos puntos generándose óxido, por tal motivo la solución es:

- Donde exista presencia de corrosión y óxido es necesario raspar para dejar la superficie lisa y limpia.
- Retirar la pintura existente y aplicar algún tipo de anticorrosivo que genere una película protectora.
- Finalmente utilizar pintura de exteriores para las barandas, ya que esta genera una mayor protección ante los agentes ambientales y una mayor duración.

|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

*Ilustración 26. Forma de retirar pintura en elementos metálicos.*



Fuente. <https://decortips.com/es/diy/como-quitar-la-pintura-del-metal-sin-productos-quimicos/>

*Ilustración 27. Aplicación de pintura en elementos metálicos.*

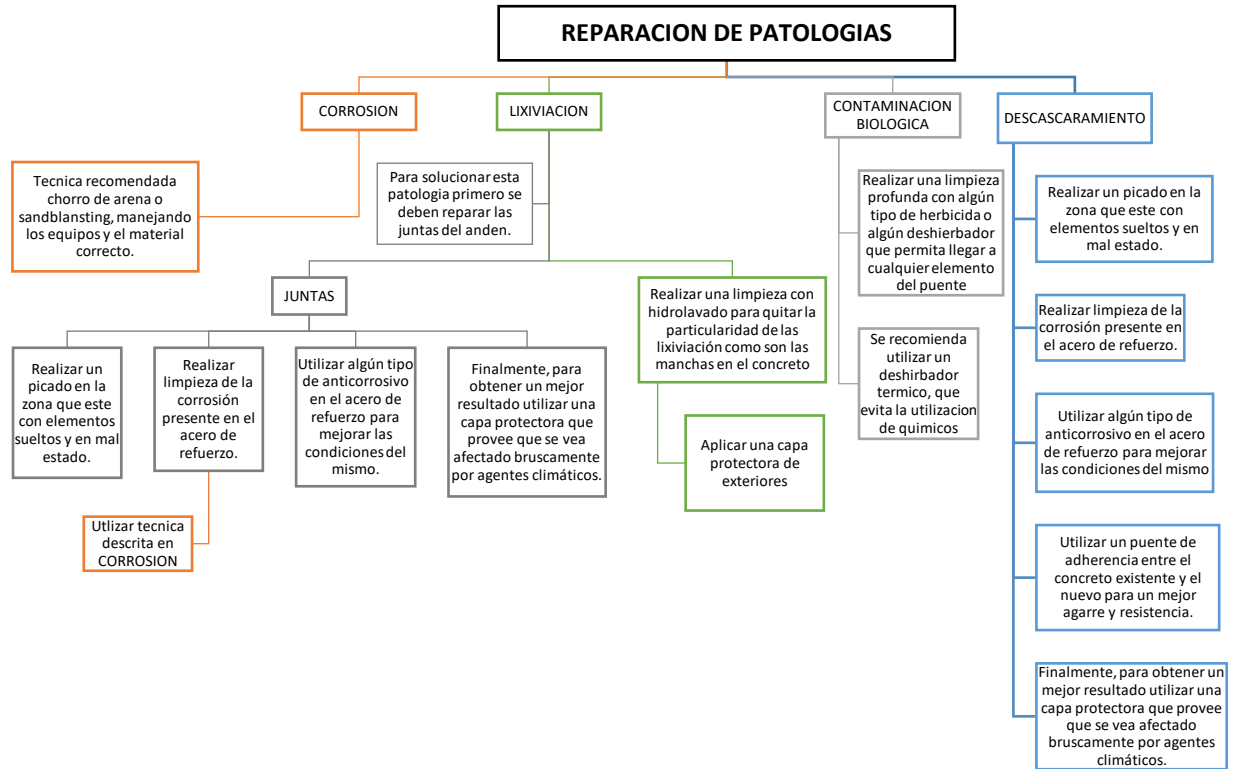


Fuente. <https://www.wobna.com/servicios-de-pintura-industrial/>

Finalmente, a continuación se presenta un resumen de lo sugerido para la reparación de las patologías encontradas en el puente:



Ilustración 28. Resumen reparación de patologías.

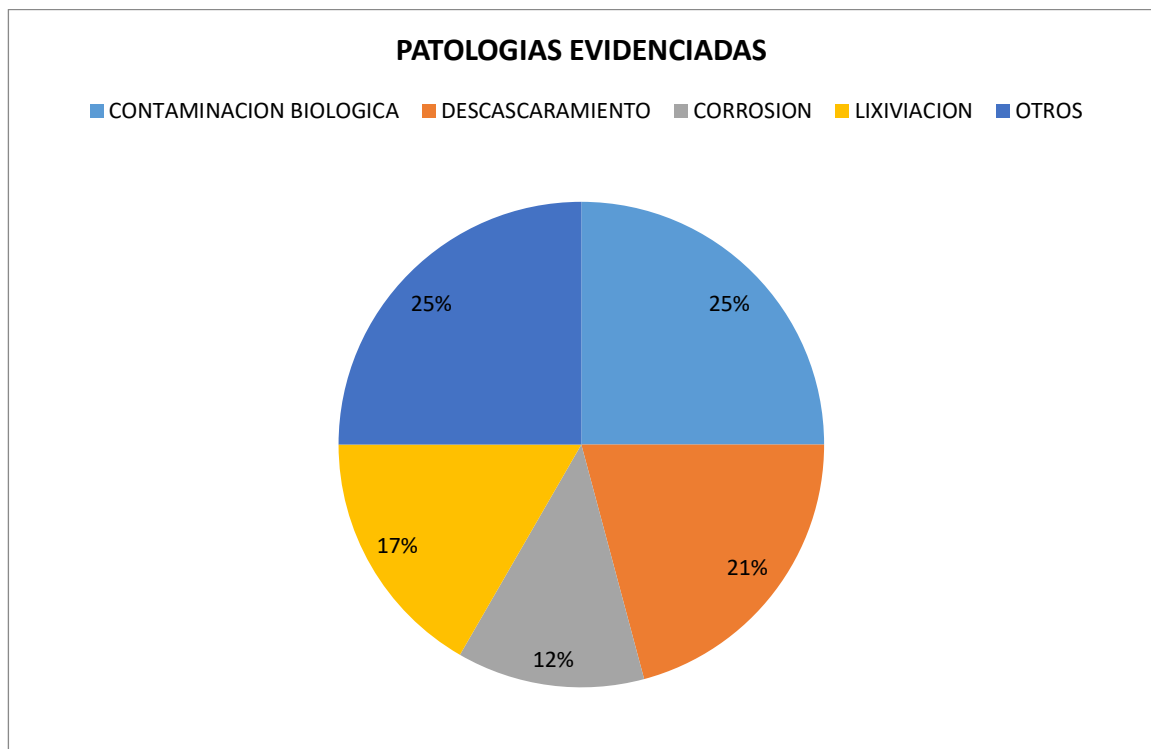


Fuente. Propia

## 4 ANALISIS DE RESULTADOS

Teniendo en cuenta la inspección visual realizada al puente de la Calle 116 con Autopista Norte el porcentaje de patologías se muestra en el siguiente gráfico:


*Ilustración 29. Porcentaje patologías evidenciadas*



*Fuente. Propia*

Según lo encontrado, las patologías más recurrentes es el puente son de tipo químico, donde tenemos la contaminación biológica, la lixiviación y la corrosión ocupando un 54% y otras patologías encontradas suman a esto un 25% más en elementos de equipamiento y en la viga metálica que refuerza el puente en la parte occidental.



|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

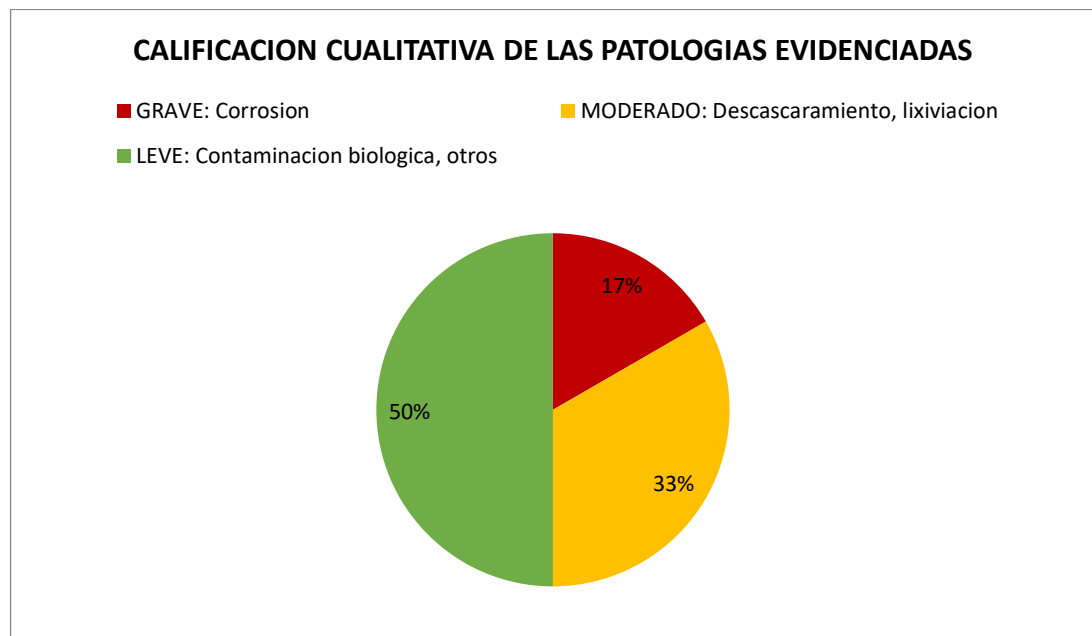
El descascaramiento con un 21% es una patología producida por impacto y está presente en las vigas que han sido golpeadas por vehículos que transitan bajo el puente donde no se cumple el galibo máximo, dejando el refuerzo expuesto.

La patología por impacto al dejar el refuerzo expuesto de las vigas, produjo corrosión uniforme de tipo químico en el mismo, obteniendo un 12% de las patologías evidenciadas produciendo un deterioro de sus propiedades.

En cuanto a la contaminación biológica con un 25% de las patologías evidenciadas, esta es la más recurrente y que a largo plazo puede producir grandes humedades ya que este material orgánico necesitara adaptar su medio para sobrevivir, cambiando las propiedades físicas y químicas del concreto y afectando la capacidad y funcionalidad de la estructura.

De acuerdo a las patologías encontradas en la inspección visual, en el siguiente grafico se da una calificación cualitativa del nivel de afectación que tienen en la estructura:

*Ilustración 30. Calificación cualitativa patologías evidenciadas*



*Fuente. Propia*

Complementando lo anterior, se intenta dar un peso cuantitativo a la estructura de la siguiente manera, que ayudaría a tomar decisiones en cuanto al estado e intervenciones prioritarias necesarias en el puente.

Primero se tendrá en cuenta unos niveles de importancia de acuerdo a la afectación del tipo de patología en la estructura:

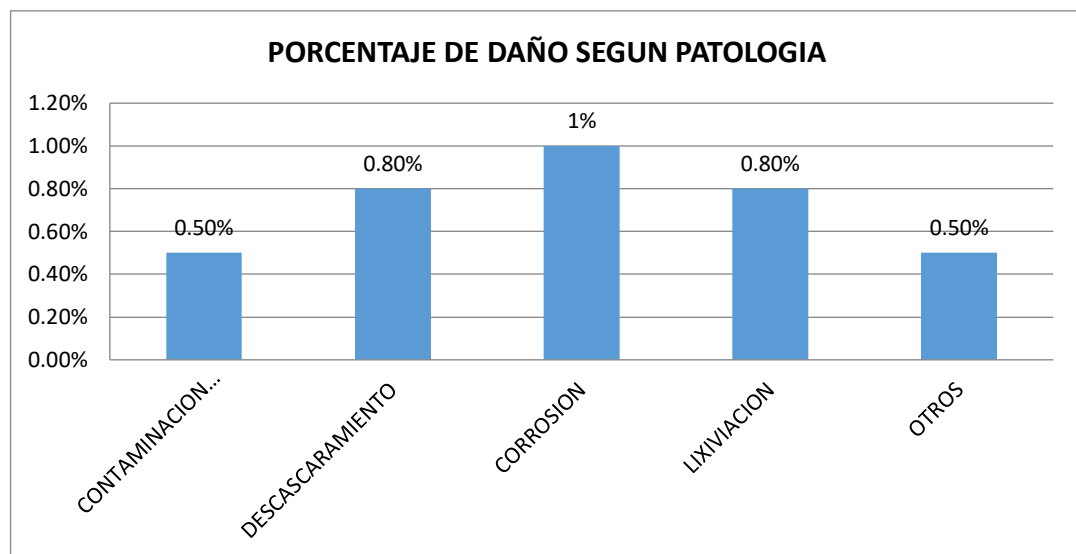
*Tabla 1. Niveles de importancia de acuerdo a la patología evidenciada.*

| NIVEL | %   |
|-------|-----|
| 1     | 1   |
| 2     | 0.8 |
| 3     | 0.5 |


*Fuente. Propia*

De acuerdo a la tabla anterior, siendo 1 la afectación más alta se procede a colocar un porcentaje de daño a las patologías evidenciadas en el puente de la Calle 116 con Autopista Norte.

*Ilustración 31. Porcentaje de daño según patología*



*Fuente. Propia*


|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTA | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

Tanto la **Ilustración 30** e **Ilustración 31** muestran como la corrosión es la patología más desfavorable por la afectación que puede traer a la estructura de gran manera por el cambio en las propiedades y el funcionamiento del acero de refuerzo en elementos principales como lo son las vigas, siendo está a la que más atención se le debe aplicar sin desconocer que el descascaramiento y la lixiviación le siguen en afectación de daño pero puede ser corregido por medio de limpieza y mantenimiento periódico al igual que la contaminación biológica.

Si nos centramos en la corrosión que sufre el refuerzo expuesto en las vigas afectadas por golpes de vehículos no como la patología por impacto más recurrente sino la que puede afectar la estructura a largo plazo en su funcionamiento, por sus características se puede analizar que lleva mucho tiempo en estas condiciones y no se ha realizado el recubrimiento necesario para evitar que esto siga creciendo la corrosión.

Teniendo en cuenta que la afectación que se produce en las vigas de la parte oriental del puente no es tan significativa como la que se produjo en las vigas de la parte occidental que si fue necesario reforzar con una viga metálica por el grave daño se presentó en la estructura, cabe aclarar que aunque se tenga la señalización de la altura máxima de los vehículos que pueden transitar bajo el puente no se tiene la seguridad de que esto no vuelva a ocurrir porque el puente no cumple el galibo mínimo según la norma y ya que esto último no sería posible corregir sin hacer un nuevo puente y además de todos los inconvenientes de movilidad y comunicación que traería consigo por ser una vía tan importante, por tal motivo es necesario tener todos elementos de la estructura de manera óptima y en sus mejores condiciones de seguridad y para ello es fundamental seguir con los protocolos de mantenimiento periódicos o rutinarios para alargar la vida útil de cualquier estructura.

A manera informativa, en la documentación del IDU se encuentran intervenciones por medio del Sistema de Administración de Puentes del IDU (SAP-IDU), que fue creado con el fin de proyectar mantenimientos y determinar el comportamiento real del puente por medio de la tecnología y aplicativos, esta intervención de dio en el año 2002 y para lograr los estudios necesarios fue fundamental recopilar información de firmas consultoras que hayan realizado estudios de diagnóstico, revisión estructural y obras de mantenimiento, determinando que el mes de noviembre del año 2000 se realizaron obras de mantenimiento estructural de los

|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTA | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

puentes vehiculares del grupo 1, en el cual se encuentra el puente objeto de estudio del presente trabajo.

Posteriormente, se aplica la metodología para implementación del sistema de monitoreo que consta de dispositivos de medición en tiempo real de las aceleraciones a cuales está sometida la estructura bajo aplicación de cargas reales con el fin de optimizar los procesos de mantenimiento utilizando 3 criterios principales:

- Vulnerabilidad
- Mantenimiento
- Prevención de desastres


En la inspección visual preliminar en ese año se consignó que:

- La corrosión de las vigas se debe al poco recubrimiento y la baja altura en el retorno de la Calle 116, permite que algunos vehículos hayan deteriorado algunas vigas longitudinales.
- Casi todas las juntas están obstruidas por vegetación y requiere mantenimiento rutinario.

Como informe final de ese mantenimiento realizado se llegó a la conclusión que no se encuentran patologías que comprometan la estabilidad estructural del puente pero había desprendimientos de vigas cabecales con refuerzo a la vista, algunas manchas y vigas golpeadas.

Como conclusión se tiene textualmente: “Se recomienda programar el mantenimiento estructural en un plazo no mayor a seis meses orientado al mantenimiento rutinario a fin de recuperar los elementos en los que visualmente se puede apreciar algún deterioro, pues se están comenzando a presentar humedades que pueden facilitar el ataque de agentes químicos nocivos para los materiales y se pueden apreciar algunas losas agrietadas, en segundo lugar, se debe programar en el mediano plazo la actualización sísmica de la superestructura que no tiene ninguna intervención.

Dentro de las labores del mantenimiento del espacio público que adelanta el IDU, se recomienda que se incluyan visitas a los puentes por lo menos una vez cada año y se realice la inspección visual de la estructura, que permitirá llevar un


|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTA | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

seguimiento visual de los cambios que pueda presentar la estructura en el tiempo y será útil como herramienta de apoyo para tomar decisiones futuras sobre el mantenimiento de puente”.<sup>11</sup>

La información anterior es la única reciente que se encuentra de inspecciones y mantenimientos realizados y de la cual se encuentra mucha similitud con la inspección visual realizada como objetivo de este trabajo, lo cual conlleva a pensar que la estructura siempre tiende a presentar los mismos inconvenientes a los cuales no se le ha dado una solución definitiva y que adicional a esto no se adelantan los mantenimientos en los tiempos sugeridos en dicho documento.

---

<sup>11</sup> Sistema de administración de puentes del IDU (2002)

|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTA | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

## 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES


Con la inspección visual realizada se observó que el puente no posee un mantenimiento periódico o rutinario que permita conservar en óptimas condiciones la estructura a nivel funcional y estético, ya que se encontró exceso de vegetación en la mayoría de las vigas cabecial a lo largo del puente y por la cantidad se puede deducir que lleva bastante tiempo el crecimiento de la capa vegetal.

Si bien la contaminación biológica es la patología más presente en el puente, se considera de afectación leve pero que de igual manera debe ser corregida para evitar que se formen humedades fuertes que afecten la estructura a largo plazo. Otras patologías como la lixiviación pueden corregirse con hidrolavado al igual que la suciedad presente en la estructura en general.

El descascaramiento es una patología presente en la mayoría de las vigas del puente producto de las colisiones producidas por el tráfico, la cual se puede corregir de acuerdo a lo especificado en el capítulo de reparaciones pero el punto importante es que este tipo de patología ha desencadenado un problema de afectación más grave como es la corrosión del hierro de refuerzo que se ha visto expuesto y si no es corregido puede hacer fallar la estructura a largo plazo por el cambio de las propiedades del acero.

Un tema importante a nivel estético y de seguridad es el equipamiento de puente, donde es necesario cambio de pintura ya que hay zonas de las barandas que ya no poseen y para evitar un deterioro mayor e incurrir en gastos más grandes como el cambio de las mismas, es necesario una capa de pintura que proteja la estructura de los agentes climáticos y alargar su vida útil. Adicional a esto, los andenes no tienen continuidad por el deterioro de las juntas y se deben reparar para evitar algún accidente de los peatones que transiten por allí.

Teniendo en cuenta todo lo anterior se concluye que la contaminación biológica representa el mayor porcentaje de presencia en la estructura y que el acero expuesto es la patología que debe ser corregida de manera primordial para su correcto funcionamiento y además se puede concluir de acuerdo a lo observado, que los mantenimientos no se están haciendo de manera periódica, lo que

|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTA | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

conlleve al estado actual de estructura que si bien es aceptable se puede ver afectada a largo plazo.


El presente trabajo tuvo fundamento en 3 documentos, el SIPUCOL, Sistema de Administración de Puentes del IDU y Manual para Inspección Visual de Puentes y Pontones, estos no se aplicaron textualmente pero si se tomaron como guía para calificar el estado del puente, es decir, se utilizaron formatos con registro fotográfico para identificar patologías y daños en la estructura por inspección visual como método no invasivo, se trató de dar calificaciones cuantitativas y cualitativas que permitieran determinar el nivel de afectación que posee la estructura y se realizar sugerencias de reparación.

Finalmente, las inspecciones visuales son el punto de partida para determinar cambios en la estructura a través del tiempo si se hacen periódicamente, es una inspección preliminar muy importante porque a partir de allí se pueden tomar decisiones más relevantes que no acarren en costos innecesarios, es decir a partir de ahí se puede definir si se requieren estudios de vulnerabilidad sísmica, ensayos de esclerometría para la resistencia a la compresión, ultrasonido, medición de carbonatación, medición de corrosión, etc.

## 5.2 RECOMENDACIONES


Para el mantenimiento general del puente, se propone tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Realizar mantenimiento periódico y rutinario a cada uno de los componentes del puente por lo menos una vez al año y manteniendo a nivel estructural no menor a 6 meses.
- Realizar hidrolavado para retirar lixiviaciones y suciedad general de la estructura.
- Realizar reparaciones en el concreto donde por motivo de las colisiones se presente afectación en las vigas, no sin antes mejorar las condiciones del acero de refuerzo expuesto.
- Aplicar material impermeabilizante para protección del concreto.

|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTA | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|


- Por su deterioro, aplicar pintura a las barandas.
- Realizar reparaciones de las juntas del andén para generar continuidad en el mismo y evitar infiltraciones en la parte inferior del puente produciendo lixiviación.
- Utilizar herbicidas para eliminar la contaminación biológica que es la más presente en el puente, teniendo en cuenta su composición para evitar cambio en las propiedades de los materiales de la estructura.
- Utilizar el método sandblasting para eliminar oxido de la viga metálica de refuerzo y aplicar material anticorrosivo para una mayor protección a mediano plazo del elemento.
- Tener en cuenta capítulo de reparación de patologías presente en este documento.



|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTA | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

## BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO. (2011). *A policy on geometric design of highways and streets*.
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE - ACI 364. . (s.f.). *Guide for Evaluation of Concrete Structures prior to Rehabilitation*.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2014). *Norma Colombiana de Puentes LRFD - CCP-14*. Bogota D.C.
- Avendaño Rodríguez, E. (2006). *Detección, tratamiento y prevención de patologías en sistemas de concreto estructural utilizados en infraestructura industrial*. San Jose: Universidad de Costa Rica.
- Calavera, J. (1996). *Estructuras de hormigón armado y pretensado*. Madrid.
- Comerma, C. B. (2006). *Enciclopedia Broto De Patologias de la Construcción*. España.
- Construmática, Arquitectura, Ingeniería y construcción. (Mayo de 2020). *Las patologías más frecuentes detectadas en las inspecciones de puentes de la red de carretera del Estado*. Obtenido de [https://www.construmatica.com/construpedia/Patologías\\_en\\_Puentes](https://www.construmatica.com/construpedia/Patologías_en_Puentes)
- Díaz, E. (s.f.). *Estudio de las causas del colapso de algunos puentes en Colombia*. Bogota D.C.: Artículo científico Pontificia Univerisdad Javeriana.
- IDEAM. (s.f.). *Las patologías más frecuentes detectadas en las inspecciones de puentes de la red de carreteras del Estado*.
- Instituto de Desarrollo Urbano (IDU). (Mayo de 2020). *Repositorio institucional Puente Calle 116*. Obtenido de [webidu.idu.gov.co/jspui/](http://webidu.idu.gov.co/jspui/)
- INVIAS y Universidad Nacional de Colombia. (2006). *Manual para la inspección visual de puentes y pontones*. Bogota D.C.
- Kripka, M. (2012). *Diagnosis of pathologies in bridges of the road system in Brazi*. CONSTRUCTII Journal.

|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTA | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

Mc Cormac, J., & Brown, R. (2011). *Diseño de Concreto Reforzado. Octava Edición con el Código ACI 318-08*. Mexico: Alfaomega Grupo Editor.

MCDONALD, S. (2002). *Concrete: Building Pathology* . Wiley-Blackwell.

Montejo Fonseca, A. (2013). *Tecnología y Patología del Concreto Armado*. Bogota D.C.

Ortega Andrade, F. (1989). *Humedades en la edificación*. Sevilla.

Sanchez de Guzman, D. (2002). *Durabilidad y patología del concreto*. Asocreto.


Sika. (Noviembre de 2020). *Adherir hormigón nuevo a hormigón endurecido garantizando la continuidad del elemento*. Obtenido de <https://sikaguia.com/ar/producto/adherir-hormigon-nuevo-a-hormigon-endurecido-garantizando-la-continuidad-del-elemento-sikadur-32-gel-lp/>

Universidad Politecnica de Madrid. (2004). *Manual de la Patología de la Edificaciones*.

Ventura Rodriguez. (2004). *Manual de la Patologia de la Edificacion*. Madrid.

Wright, P. H., & Dixon, K. K. (2003). *Highway Engineering*. State of Georgia: Limusa Wiley.

Zambrano Pantoja, F. (2007). *Historia de Bogotá. Tomo III: Siglo XX*. Bogota D.C.: Villegas Editores.

|   |   |  |
|---|---|--|
|  <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA</b><br>de Colombia<br>FACULTAD DE INGENIERÍA<br>COORDINACIÓN TRABAJO DE GRADO | PATOLOGIA POR INSPECCION VISUAL DEL<br>PUENTE CALLE 116 CON AUTOPISTA NORTE<br>EN LA CIUDAD DE BOGOTA | <b>FECHA: 2020</b><br><b>VERSIÓN 0</b> |
|---|---|--|

## ANEXOS

Anexo A. Formatos con registro fotográfico de las patologías del puente.

Anexo B. Plano general del puente

Anexo C. Plano del puente con ubicación de patologías.

Anexo D. Plano del puente con reparación de patologías.